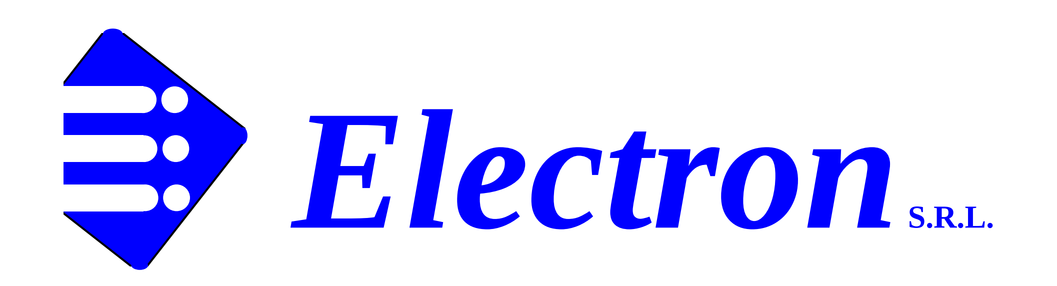


Design
Production &
Trading of
Educational
Equipment

B4500 – DEMONSTRATEUR DE LIGNE DE TRANSMISSION

MANUEL D'INSTRUCTIONS

02/2003

C O N T E N T S

1 – INTRODUCTION

Le Démonstrateur de Ligne de Transmission B4500 est conçu pour fournir les connaissances de base des propriétés des lignes de transmission. L'unité didactique est particulièrement convenable aux démonstrations en classe dirigées par l'instructeur: le panneau avant montre clairement le schéma-bloc du système en cours d'expérimentation et l'afficheur à haute visibilité rend le résultat de la démonstration particulièrement évident.

L'unité didactique se compose d'un circuit électronique simulant de près le comportement d'une ligne de transmission, mais avec l'avantage de permettre à l'opérateur d'effectuer des opérations qui ne pourraient pas être faites sur une ligne réelle. Ces opérations comprennent:

- indication visuelle des niveaux de tension le long de la ligne
- capacité d'arrêter la propagation du signal pour faciliter l'inspection et l'analyse du même
- capacité à simuler l'opération étape par étape

L'unité didactique comprend l'alimentation intégrée et les équipements à utiliser au cours des démonstrations, comme le générateur de signaux de test avec fréquence et amplitude réglables, éléments de terminaison de la ligne de types différents.

2 – DESCRIPTION TECHNIQUE

Le schéma-bloc de l'unité didactique est montré dans la Fig.1. Il se compose essentiellement de:

- Deux chaînes associées de traitement du signal, une par chaque direction. Cela permet à l'unité de reproduire de façon réaliste le comportement d'une ligne de transmission réelle, mais avec l'avantage que les paramètres de transmission principaux sont sous le contrôle de l'opérateur, pour une meilleure efficacité didactique.

- Chaque chaîne de traitement du signal se compose d'une disposition de cellule de mémoire dite "Bucket-Brigade", chacune cellule étant capable de passer sa charge à la prochaine sous un signal d'horloge commun.

- Il y a douze cellules par chaque sens de transmission, permettant ainsi de reproduire avec bonne précision le diagramme de l'onde le long de la ligne.
  La ligne simulée apparaît pourtant subdivisés en 12 segments de longueur égale.
  Chaque segment est fourni d'un moyen d'afficher, par indicateurs LED, le niveau du signal à ce point (en effet la somme algébrique des deux tensions relatives au deux sens de transmission).
  Chacune des deux chaînes de cellules peuvent accepter des signaux de +/-5V, limités internement. Les indicateurs à LED peuvent afficher des tensions de +/-5V par étapes de 0.5V (20 LEDs par colonne).

  La ligne simulée a une impédance caractéristique nominale de 600Ω (560).

- Les installations à bord comprennent:

- <u>Générateur d'horloge</u> dont la fréquence est sélectionnable pour simuler des lignes avec des temps de propagation différents. Cela permet à l'inverse de simuler des lignes avec la même caractéristique de propagation mais avec différentes longueurs (L, 2L, 8L). Le temps de propagation, de bout en bout, pour la ligne de longueur L est 250msec environ.
  Le générateur d'horloge peut être arrêté au moyen du bouton et aussi peut être actionné manuellement par étapes, à des fins de tests spécifiques.

  <u>Note</u>: dans le mode de fonctionnement STEP, l'état de la ligne est "gelé" entre chaque opération successive du bouton. Si l'entrée de la ligne est connectée au générateur sinusoïdal libre, ce dernier délivre des valeurs d'entrée "aléatoires" à chaque pression. La forme d'onde initialement gelée devient vite un pattern confus.

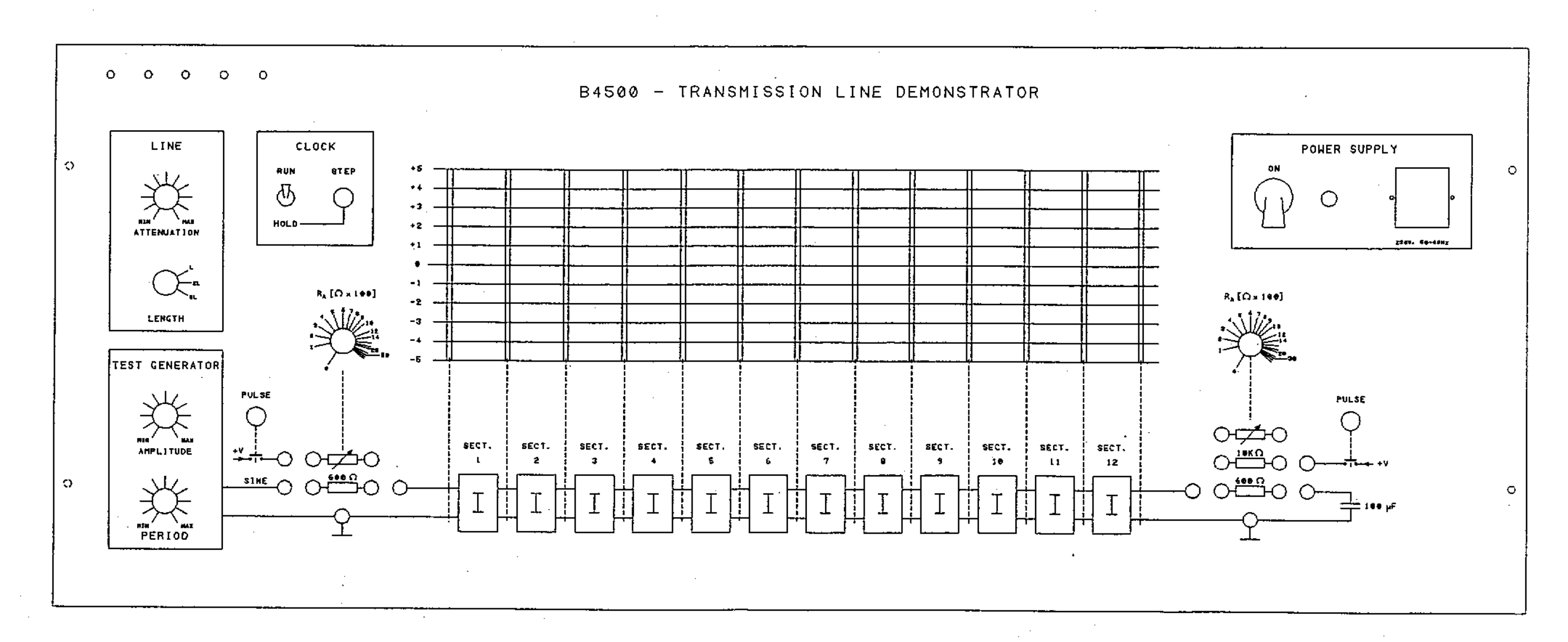


FIG.1 - FRONT VIEW OF THE TRAINER

4500F1

Le mode de fonctionnement HOLD est le mieux adapté à utiliser avec entrées PULSE plutôt qu'avec des sinus. Une autre utilisation du mode HOLD est de figer l'image pour le meilleur examen.

– Générateur de signaux de test, délivrant un signal sinusoïdal réglable en fréquence et en amplitude. La gamme de fréquence est d'env. 0.1Hz à 5Hz et la tension de 0 à 10Vpp environ.
  L'impédance de sortie du générateur peut être considérée zéro pour toutes les expériences décrites dans ce manuel.

– Générateur d'impulsions: des boutons poussoirs sont fournis pour appliquer des impulsions de la longueur désirée aux deux extrémités de la ligne. L'amplitude de l'impulsion est d'env. 2.5V. La source des impulsions peut être considérée comme une source idéale de tension (impédance de sortie nulle).
– Contrôle de l'atténuation, réglable de façon continue pour simuler des lignes avec caractéristiques différentes.

– Eléments de terminaison à connecter des par cavaliers à la sortie de la ligne pour étudier les différents cas de terminaison adaptée (600Ω), connexion de court-circuit, potentiomètre logarithmique (environ 0 à 5kΩ). Des charges capacitives sont également disponibles (100μF).

– Alimentation: sur secteur allant de 220 à 250V, 50 ou 60Hz (autre tensions sur demande).

3 – REVISION DE QUELQUES FONDEMENTS THEORIQUES

Cette section est un examen concis de certains aspects théoriques importants pour le fonctionnement de cette unité didactique. Cette discussion ne prétend pas être exhaustive mais juste de servir de guide pour aider l'étudiant à établir un rapport entre ce qu'il a appris dans son cours de théorie et le matériel qu'il va utiliser.

3.1 – Lignes de transmission

Les lignes de transmission sont utilisées, entre autres, pour transmettre énergie d'une source (générateur) à une charge.
Les générateurs nous utilisons ici sont des sources de tension sinusoïdale. La tension sinusoïdale appliquée à l'entrée de la ligne détermine un courant sinusoïdal en elle. L'**ensemble** de la tension sinusoïdale et du courant sinusoïdal est en général appelé une onde.
L'onde **se propage** le long de la ligne: si nous imaginons une ligne infiniment longue et si nous sommes capables de "prendre des photos" des tensions et des courants à deux moments successifs dans le temps, nous trouverons que la seconde image apparaît comme la première, déplacée le long de la ligne d'une longueur selon l'intervalle de temps entre les deux photos.
Le concept d'une onde se propageant de la source à travers la ligne est en harmonie avec l'idée d'énergie qui s'écoule du générateur à la charge.
Nous supposons maintenant que notre ligne de transmission, au lieu d'être infiniment longue, est coupée et court-circuitée à une certaine longueur. Quelque chose change dans nos "images" de l'onde, explicable comme suit:
Le court-circuit est une charge qui n'absorbe aucune puissance (Loi d'Ohm), pourtant l'énergie incidente le court-circuit doit aller quelque part. La seule façon l'énergie peut sortir du court-circuit est de revenir le long de la ligne, ou d'être **réfléchie**. Le mécanisme par lequel l'énergie est renvoyée doit être le suivant: le court-circuit annule la tension à ce point de la ligne. Pour faire cela le court-circuit doit manifestement être capable de générer une tension égale en module et en opposition de phase avec la tension incidente. Ce concept nous permet de dessiner le diagramme de l'onde réfléchie étant donné le diagramme de l'onde incidente. Il est simplement le diagramme incident retourné.
Le diagramme final de tension et de courant le long de la ligne est le résultat de la superposition point par point des deux et son aspect change totalement du cas de ligne infinie: l'onde ne **semble** plus se déplacer vers la charge mais apparaît stationnaire, faite de points de tension zéro (et de courant zéro) en positions fixe entre la ligne et de lobes sinusoïdaux de tension (et de courant) dont l'amplitude bat au rythme de la fréquence de l'onde d'origine.

Nous pouvons étendre notre raisonnement narratif, non mathématique, sur la ligne aux cas où la ligne est ouverte au lieu de court-circuitée et ensuite terminée par une charge générique. Les conclusions seront qu'il y a des ondes stationnaires en tout cas sauf

lorsque la ligne est infiniment longue et lorsque la ligne est adaptée c'est à dire terminée sur une charge égale à l'impédance caractéristique de la ligne. L'impédance caractéristique est un paramètre en fonction de la nature physique et des caractéristiques de construction de la ligne.

Quand une ligne est terminée sur une charge adaptée, il n'y a pas d'onde réfléchie, pourtant le transfert d'énergie de la ligne à la charge est maximisé. C'est en général une situation très souhaitable.

D'autres excellentes raisons pour lesquelles l'adaptation de la ligne (aux deux extrémités) est souhaitable sont que la plupart des générateurs (émetteurs) ne sont pas insensibles à l'onde réfléchie qui affecte leur fonctionnement augmentant la distorsion, la perte de rendement, la surchauffe etc.

3.2 – Rapport d'onde stationnaire

Le Rapport d'onde stationnaire (ROS) est défini comme le rapport entre les valeurs maximum et minimum de tension (et courant) le long de la ligne.
La Figure 3 montre le ROS le long d'une ligne avec une charge non adaptée et permet de comprendre la définition de ROS.
Le ROS est un indice de désadaptation existant entre la charge et la ligne qui l'alimente.
Le ROS est égal à 1 dans le cas d'adaptation parfaite, impossible à atteindre en pratique, et tend à atteindre valeurs très élevées (infinies) pour lignes court-circuitées ou ouvertes.

3.3 – Transformation d'impédance

Considérons une ligne de transmission court-circuitée ayant longueur ¼ de la longueur d'onde du signal appliqué par le générateur.
A le extrémité court-circuitée il y aura une tension nulle et un courant maximum tandis que à l'autre extrémité (côté générateur) il y aura la situation opposée de tension maximum et zéro de courant. La ligne pourtant apparaît au générateur comme une impédance infinie, puisque aucun courant n'est absorbé.

Considérons maintenant une autre ligne, demi-longueur d'onde, court-circuitée à la fin opposée à celle du générateur.
Le point de jonction du générateur à la ligne sera un point de tension nulle, courant maximum. L'impédance de la ligne, “vue” par le générateur, sera un court-circuit (impédance nulle).

In tout le cas intermédiaires d'une ligne ayant longueur entre ¼ et ½ de la longueur d'onde, le générateur verra des impédances entre 0 et l'infini.
Avec le même raisonnement on trouve que, pour lignes court-circuitées longues de ¼ de la longueur d'onde à zéro, l'impédance va à nouveau de l'infini à zéro.

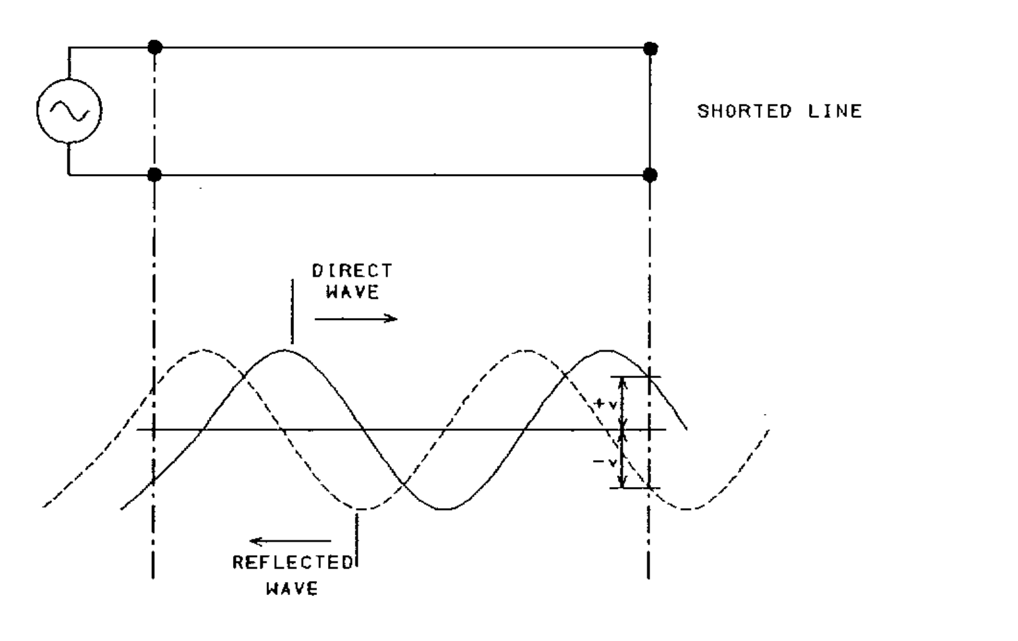


FIG. 2 - DIRECT AND REFLECTED VOLTAGE WAVE IN A SHORTED LINE

4500F23

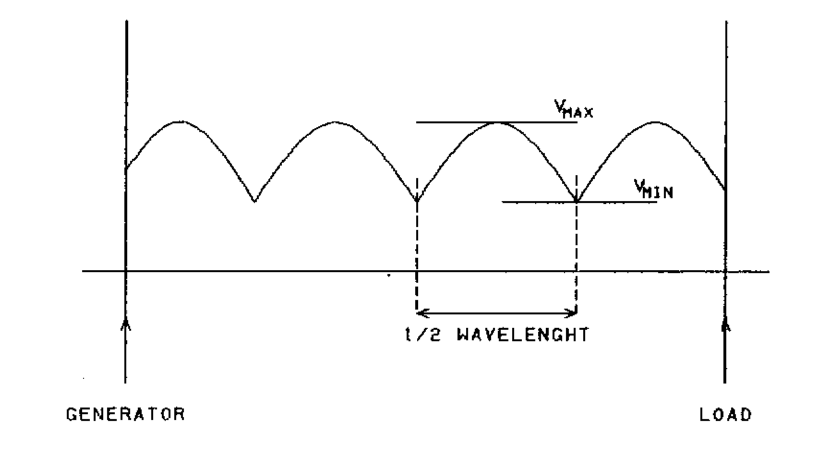


FIG. 3 - VSWR PATTERN IN A LINE WITH MISMATCHED LOAD

Puisque notre ligne est sans perte, l'impédance doit être purement réactive et si nous considérerons le diagramme du courant ensemble à celui de la tension, nous découvrons bientôt que dans l'intervalle de ½ à ¼ de la longueur d'onde l'impédance va de 0 à l'infini et est capacitive, tandis que dans de ¼ longueur d'onde à zéro l'impédance va de l'infini à zéro et est inductive.

Tout cela nous porte à penser d'un moyen très pratique pour adapter l'impédance vue par le générateur en mettant en parallèle à la charge non adaptée un tronçon de ligne court-circuitée d'une longueur appropriée. Ces dispositifs sont en général appelé STUBS D'ADAPTATIONS.
Un stub d'adaptation de longueur variable peut être réglé pour avoir une impédance réactive égale en module et opposée en signe à une charge non adaptée, afin d'annuler sa composante réactive et la faire apparaître à la ligne comme purement résistive.

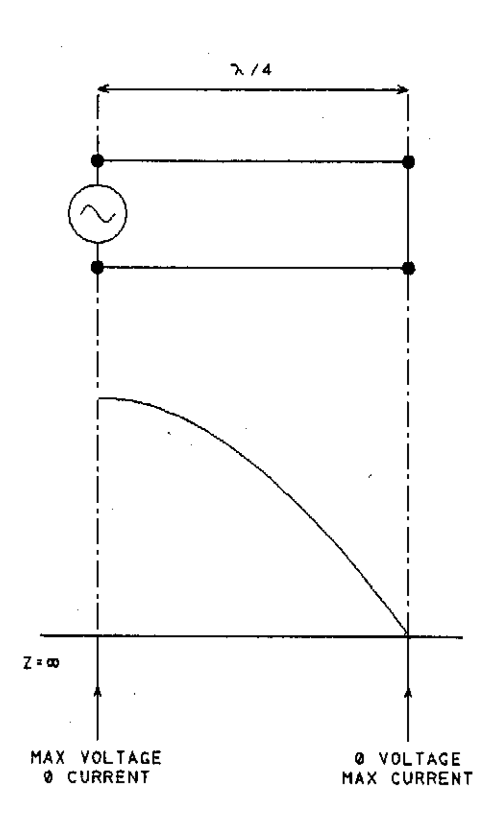


FIG. 4 - SHORTED QUARTER-WAVELENGTH LINE

4500F45

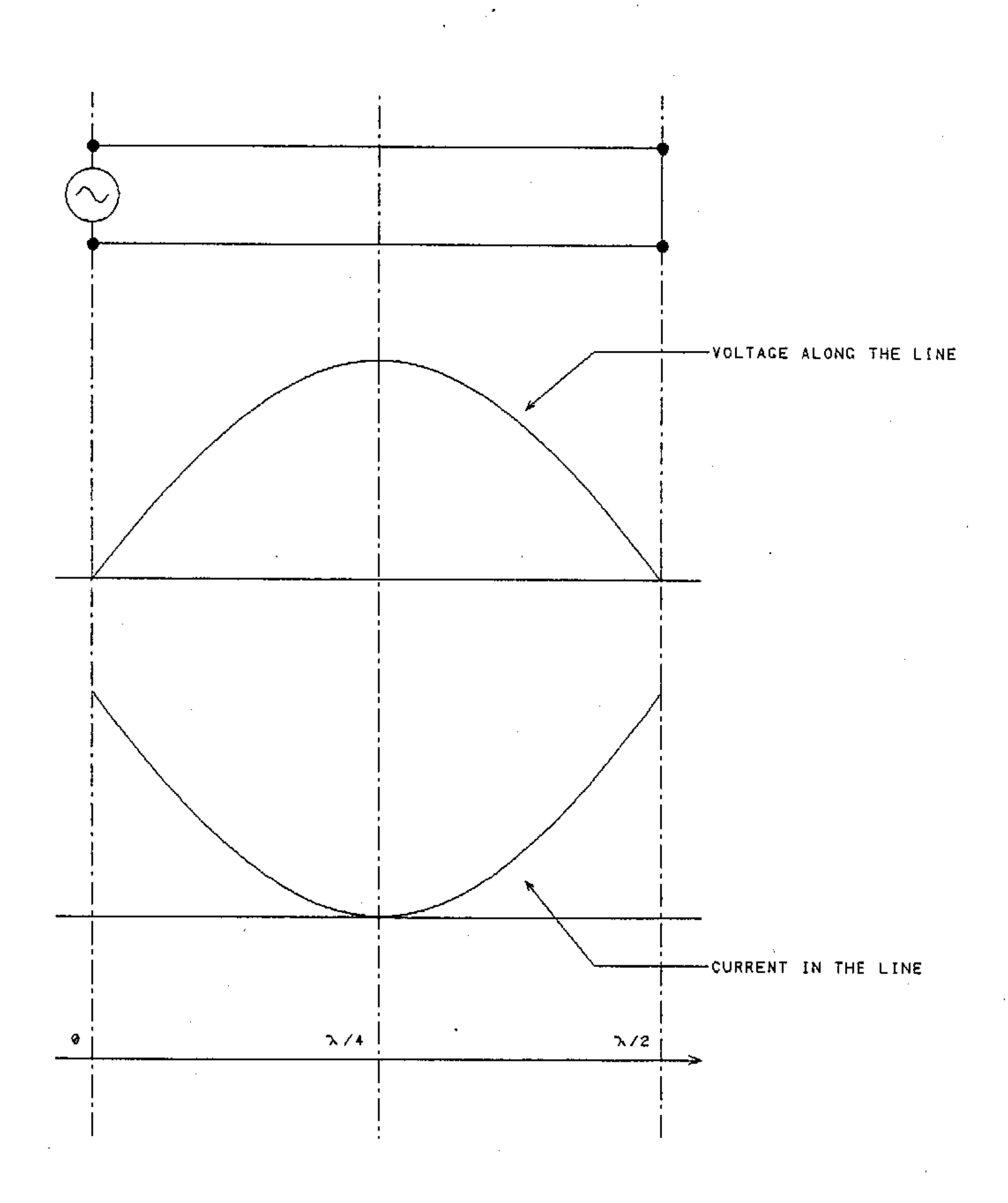


FIG. 5 - SHORTED HALF-WAVELENGTH LINE

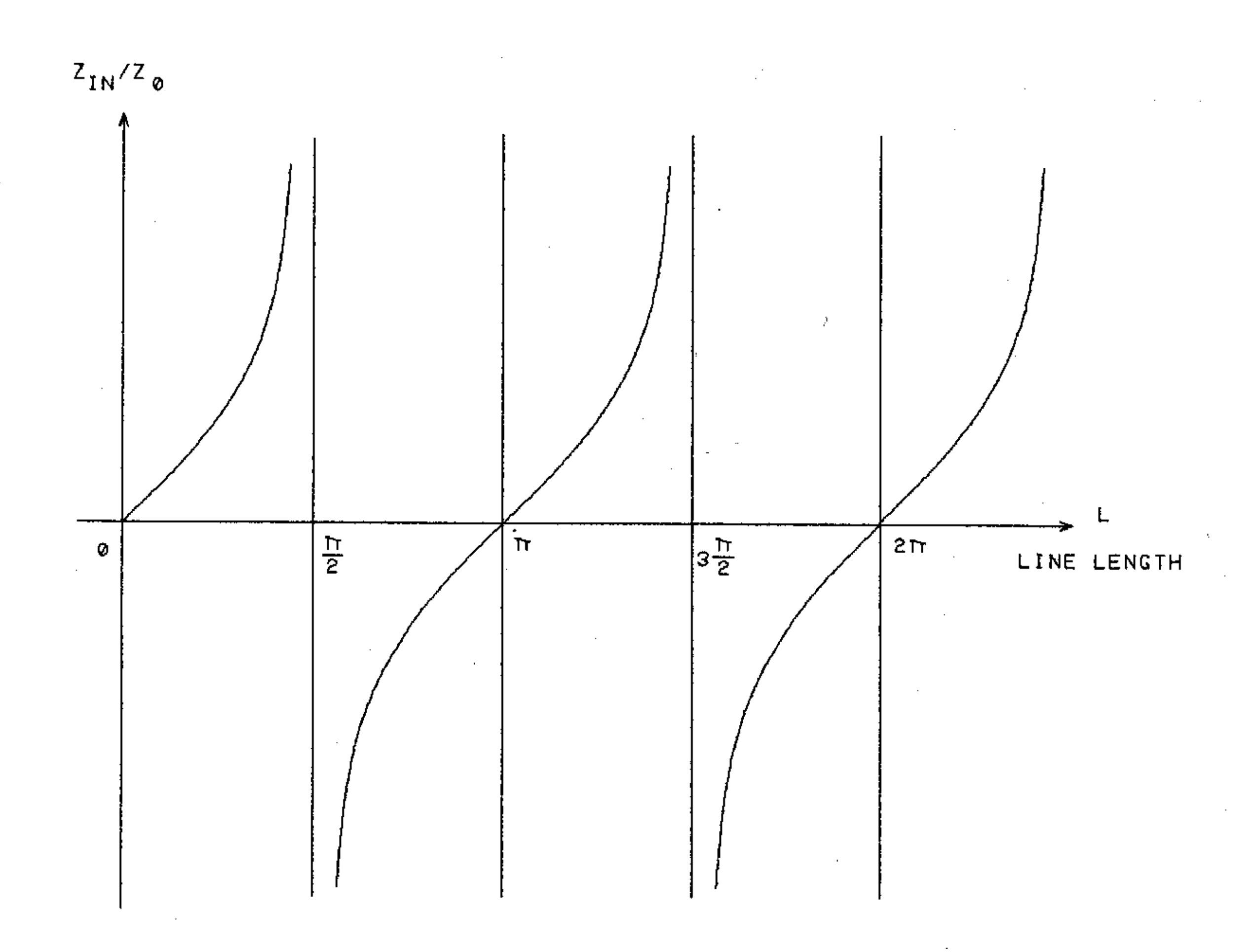


FIG. 6 - INPUT IMPEDANCE OF A SHORTED LINE VERSUS LINE LENGTH

4500F67

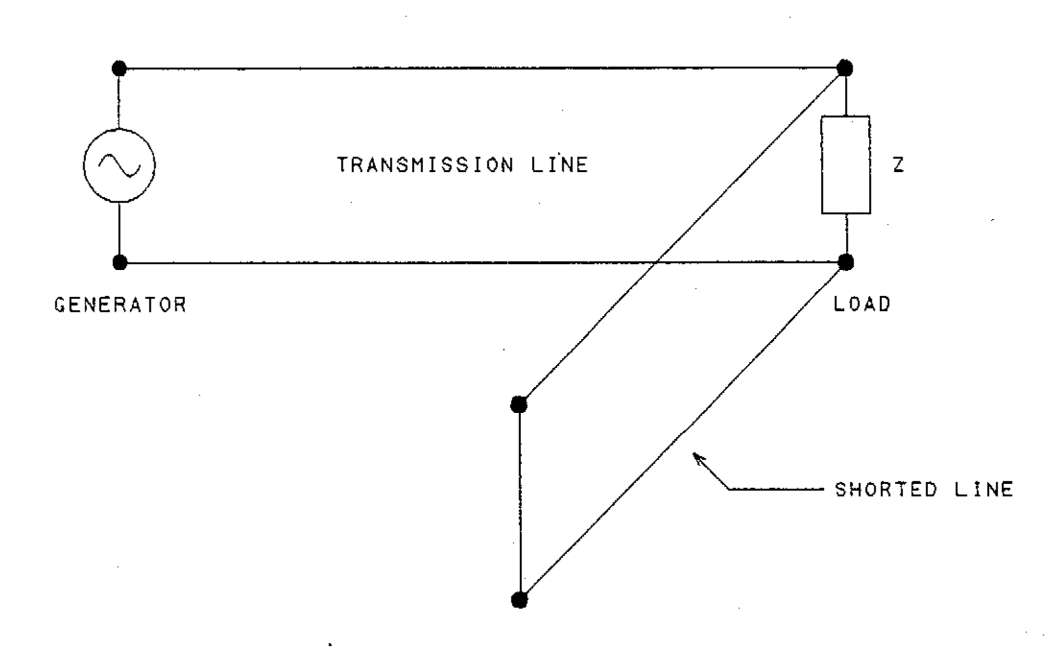


FIG. 7 - IMPEDANCE TRANSFORMATION BY A SHORTED LINE

4 – EXERCICES

Exercice No. 1: Propagation d'une onde dans une ligne de transmission

Préparer l'unité didactique comme suit:

- Sélecteur de longueur de la ligne sur L, correspondant à un temps de propagation de bout en bout d'env. 250msec. Celle longueur de la ligne devra être choisie de préférence aussi pour l'expérience suivante, car elle permet la meilleure visualisation du diagramme du signal le long de la ligne. Les autres longueurs sont pour certains tests spécifiques.

- Poignée de commande de l'atténuation à fond dans le sens antihoraire (atténuation environ = 0).

- Mode horloge sur RUN (= fonctionnement continu).

- Connecter l'extrémité gauche de la ligne au générateur à travers la résistance d'adaptation de 600Ω.

- Connecter l'extrémité droite de la ligne à la correspondante résistance d'adaptation de 600Ω.

- Mettre sous tension. Régler l'amplitude de la sinusoïde pour rester entre limites affichables.

- Examiner de près l'apparence du graphique lumineux quand la fréquence (période) est déplacée (lentement!) d'un bout à l'autre. Sélectionner une fréquence permettant d'afficher un période d'onde entier. Les ondes seront nettement perçues dans le mouvement du générateur à la charge.

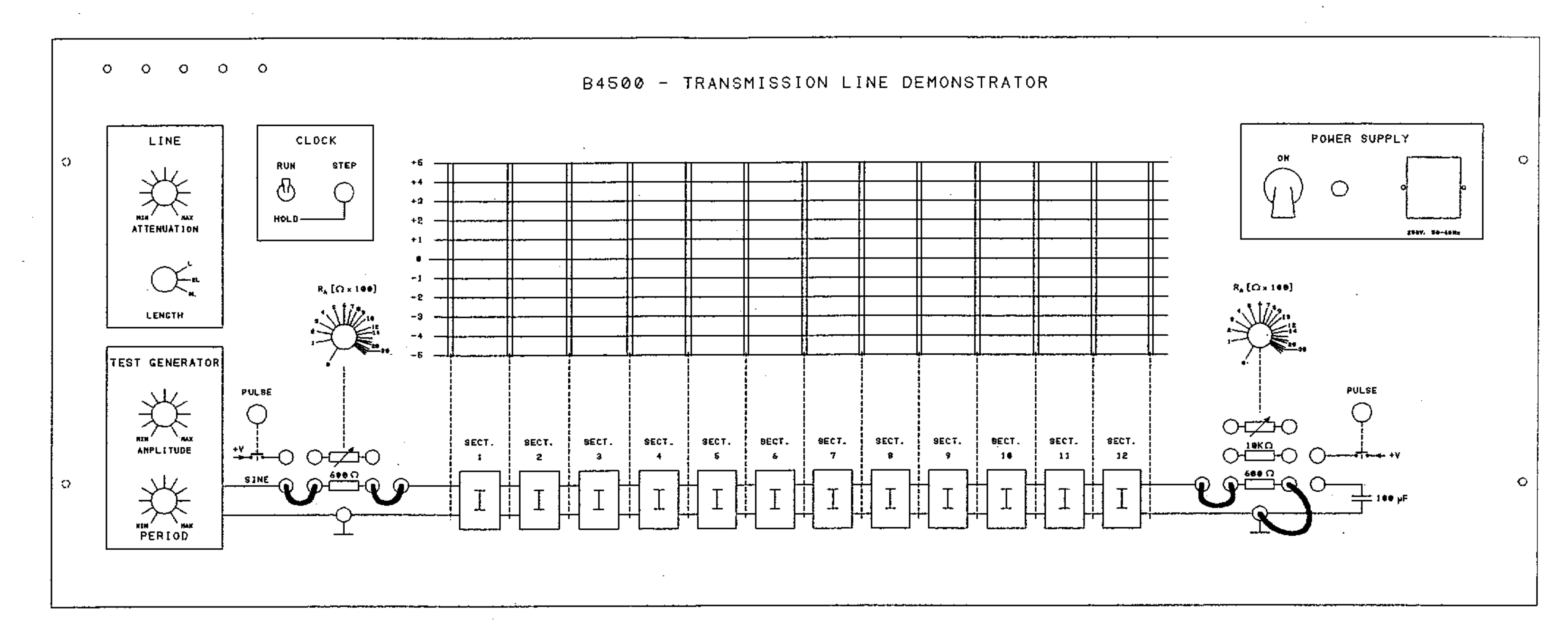


FIG. 8 - BASIC EQUIPMENT SETUP FOR WORKSHEETS 1 AND 2

4500F8

Exercice No. 2: Atténuation du signal le long de la ligne

- A partir de la mise en place de l'exercice précédent (ligne terminée aux deux extrémités, générateur sinusoïdal connecté à l'extrémité à gauche, horloge sur RUN, longueur de la ligne L). Régler si nécessaire la fréquence du signal d'entrée pour afficher au moins 2 cycles complets.

- Observer l'amplitude des ondes tout en se déplaçant vers la droite. L'amplitude est pratiquement constante quand la poignée de l'atténuation est à fond dans le sens antihoraire, tandis qu'elle se réduit si la poignée est tournée dans le sens horaire.
  D'un certain point en avant, l'atténuation est telle que l'onde s'éteint avant d'atteindre l'extrémité.

- Dessinez la forme d'onde résultante et discutez le diagramme que vous observez.

Exercice No. 3: Terminaison de ligne non adaptée

LIGNE OUVERTE

Préparer l'unité didactique comme suit:

- Générateur sinusoïdal connecté à l'extrémité gauche, à travers la résistance d'adaptation de 600Ω.
- Horloge sur RUN, longueur de la ligne L, atténuation à min.
- Extrémité droite terminée sur la résistance d'adaptation de 600Ω. Régler fréquence et amplitude du générateur pour afficher un cycle d'onde complet.
- Débrancher la résistance d'adaptation de l'extrémité droite. La ligne est maintenant ouverte.
  Observer le diagramme lumineux qui cesse la propagation vers l'extrémité droite et l'onde stationnaire qui apparaît.

– Dessiner sur le papier le diagramme lumineux et discuter le mécanisme de génération des ondes stationnaires.

LIGNE EN COURT-CIRCUIT

- A partir de la mise en place de l'exercice précédent, court-circuiter par un cavalier l'extrémité droite de la ligne.
- Observer, enregistrer et discuter le nouveau diagramme d'onde le long de la ligne.

TERMINAISON RESISTIVE GENERIQUE NON ADAPTEE

A partir de la mise en place de l'exercice précédent, mettre à l'extrémité droite de la ligne le potentiomètre logarithmique de 5k fourni.

Observez, enregistrez et discutez les changements du diagramme lumineux tandis que vous réglez la résistance de terminaison de 0 (presque) à la valeur maximale.

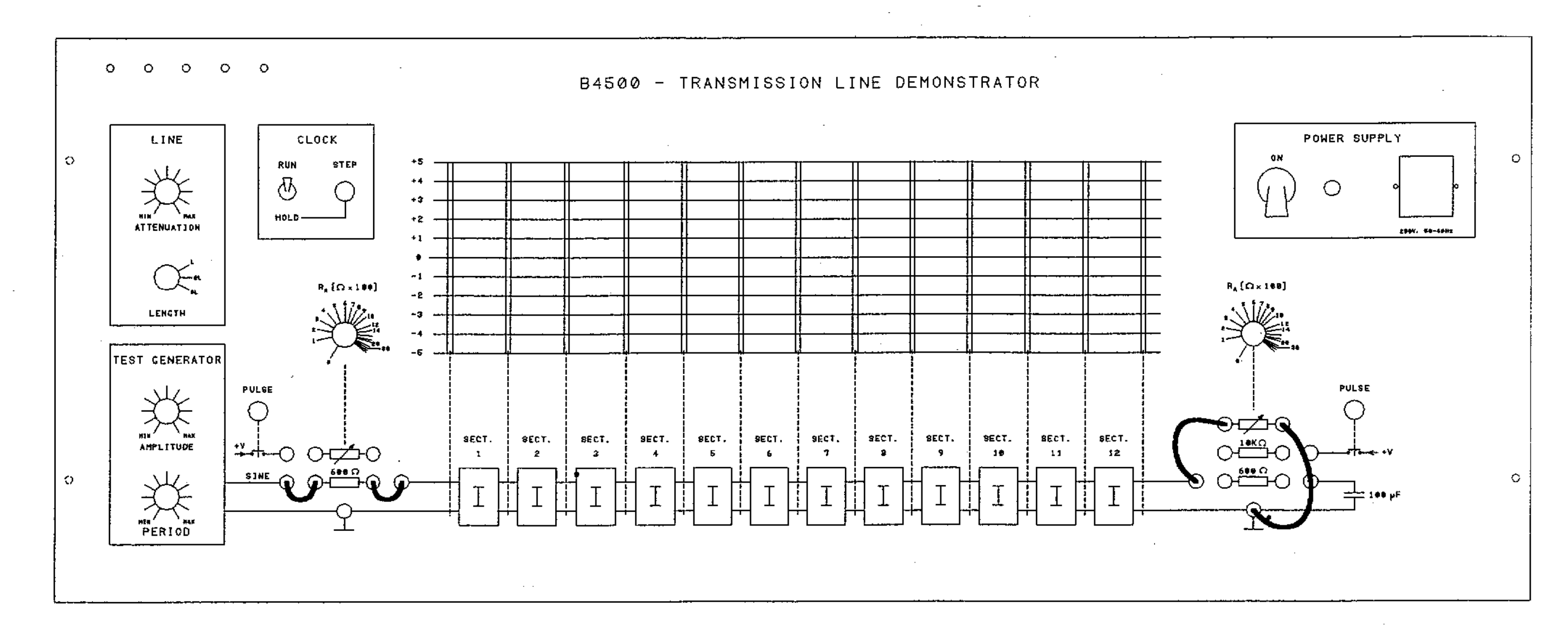


FIG. 9 - EQUIPMENT SETUP FOR WORKSHEET N.3

4500F9

Exercice No. 4: Résonance dans la ligne

LIGNE OUVERTE SANS PERTE

Préparer l'appareil comme suit:

- Atténuation à min
- Longueur de la ligne à L
- Horloge sur RUN
- Générateur sinusoïdal fournissant l'entrée à gauche à travers la résistance intégrée de 10k
- Extrémité droite ouverte
- La résistance de 10k utilisée pour fournir le signal à la ligne est suffisamment élevée par rapport à l'impédance de ligne (600Ω) que le port à gauche de la ligne peut être pris comme ouvert.
  Le port à la droite de la ligne est également ouvert.
  Dans ces conditions (atténuation à min) la perte d'énergie dans la ligne est petite et tout le signal fourni à la ligne voyagera en avant et en arrière avant de s'éteindre enfin.
- Mettre la poignée de l'amplitude du générateur sinusoïdal à mi-chemin. Explorer le pleine gamme de fréquence (période) du générateur d'un bout à l'autre en petites étapes, en attendant pour quelques secondes de stabilisation entre une étape et l'autre.
- La résonance se produira chaque fois un nombre entier de demi-périodes du signal correspond à la longueur de la ligne. L'amplitude du signal augmentera sensiblement dans ces cas.
  Esquissez et enregistrez le diagramme que vous observez.

LIGNE SANS PERTE EN COURT-CIRCUIT

- Placer un cavalier de court-circuit à l'extrémité droite de la ligne.
- Mettre le potentiomètre logarithmique intégré, réglé pour 75Ω environ, au port à gauche de la ligne.

- Utiliser la résistance de 10k en série avec la sortie des générateurs de signaux pour fournir énergie à l'extrémité gauche de la ligne.

- Atténuation à min, horloge à RUN, longueur de la ligne à L.
  La ligne est encore faite pour approximer un dispositif sans perte (une extrémité court-circuitée est une terminaison sans perte). Répéter l'expérience effectuée dans le cas précédent (ligne ouverte sans perte), puis comparer les deux cas.

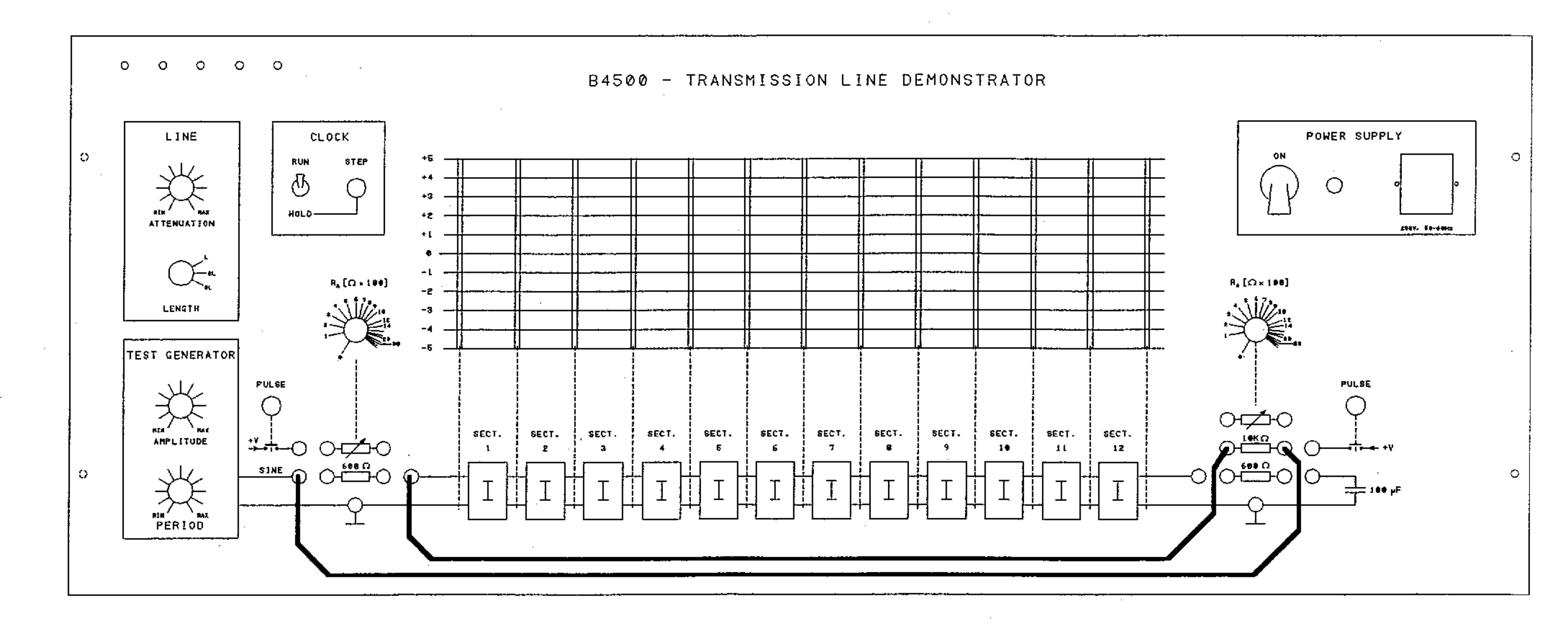


FIG. 10 - EQUIPMENT SETUP FOR WORKSHEET N. 4

4500F10

Exercice No. 5: Utilisation de la ligne pour transformation d'impédance

IMPEDANCE A LA RESONANCE

– Mettre en place l'appareil comme suit:

- port à droite de la ligne court-circuité
- atténuation à min., longueur à L, horloge à RUN
- générateur sinusoïdal alimentant le port à gauche à travers le potentiomètre logarithmique intégré.
- oscilloscope à deux canaux avec canal 1 sur la sortie du générateur, le canal 2 sur l'entrée de la ligne. Déclenchement sur CH1.

– Procéder comme dans l'expérience précédente pour porter la ligne près de la résonance. Commencer avec la poignée de la fréquence (période) du générateur de signaux à fond dans le sens horaire (fréquence la plus basse), puis rechercher la première résonance, qui se produit quand la demi-période du signal est égale à la longueur de la ligne.

– Régler en séquence: l'amplitude du générateur, le réglage du potentiomètre en série, le CH1, les 2 gains de l'oscilloscope afin d'afficher une image d'amplitude pratique sur l'écran.
Tout en déplaçant lentement la poignée de la fréquence autour la valeur de résonance, notez les points suivants:

- La Trace CH1 (signal du générateur) apparaît comme une sinusoïde stable et d'amplitude constante.

- Le Trace CH2 (signal de la ligne) apparaît variable en phase et amplitude.

- Il y a un point bien défini où les deux sinusoïdes sont en phase. C'est à la résonance.
  A fréquences inférieures, l'amplitude du CH2 tombe brusquement et le déphasage est positif (retard). La ligne apparaît donc comme une charge inductive.
  A fréquences plus élevées, l'amplitude de CH2 tombe également, mais le déphasage est négatif (à l'avance). La ligne apparaît comme une charge capacitive.

- Le même comportement de la ligne se produit à chaque point de résonance.

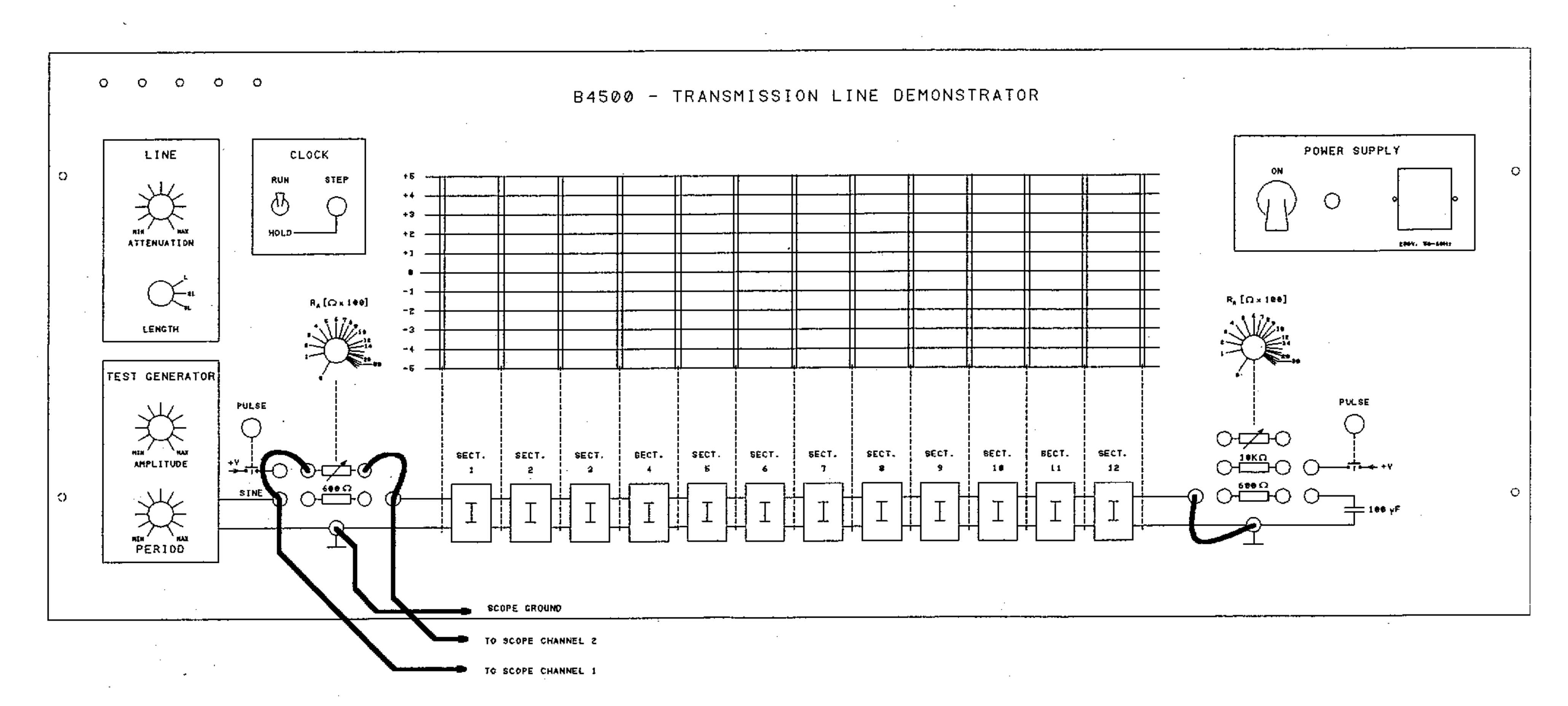


FIG. 11 - EQUIPMENT SETUP FOR WORKSHEET N.5

4500F11

TRANSFORMATION D'IMPEDANCE

La capacité de la ligne de présenter une impédance réactive de signe opposé quand utilisée près de la résonance peut être commodément utilisée pour résoudre un problème survenant souvent en télécommunication:

Considérer un générateur de signaux alimentant une charge constituée en général d'une impédance complexe avec un terme actif (résistance) et un terme réactif.
Une ligne court-circuitée peut être placée en parallèle à la charge complexe et la longueur de la ligne peut être choisie de façon que sa réactance annule celle de la charge.

Puisque notre ligne est de longueur fixe nous allons démontrer ce principe en réglant la fréquence plutôt que la longueur de la ligne comme on fait habituellement en pratique. Les résultats et les conclusions sont évidemment complètement applicables à l'autre cas.

- Utiliser la configuration suivante: atténuation à min, horloge à RUN, longueur à L, côté à droite de la ligne en court-circuit, générateur alimentant le condensateur de 100μF intégré à travers le potentiomètre logarithmique.

- Connecter l'oscilloscope avec CH1 affichant le signal du générateur, CH2 le signal aux bornes du condensateur.
  Nous allons maintenant à annuler cette réactance capacitive.

- Connecter le port à gauche de la ligne en parallèle avec le condensateur.

- Lentement explorer la gamme de fréquence du générateur à partir de basse fréquence vers le haut.

- S'arrêter près de la première résonance de la ligne, puis accorder soigneusement pour avoir les deux sinusoïdes sur l'écran qui apparaissent de phase égale, bien que différentes en amplitude.
  Telle est la situation souhaitée d'annulation de l'impédance réactive.

Exercice No. 6: Fonctionnement de la ligne avec signaux d'impulsions

L'étude des propriétés de la ligne en ce qui concerne la transmission d'impulsions peut suivre les étapes suivantes.

– Mettre la longueur = L, horloge sur RUN, atténuation au minimum.

IMPULSION DE LONGUEUR INFINIE

– Laisser la ligne ouverte à la gauche et appliquer l'impulsion à la droite en tenant pressé le bouton correspondant. La ligne changera au niveau de tension appliquée. Le transitoire s'éteindra en quelques secondes.

– Relâcher le bouton: la ligne prendra plusieurs secondes pour revenir à zéro de tension à cause des seules pertes internes.

– Recharger en pressant encore le bouton, puis décharger en appliquant une résistance de 600Ω à l'extrémité à droite. Le retour à zéro de la tension sera régulier, rapide et sans dépassements.

– Recharger la ligne, puis décharger la en court-circuitant le port à la droite. Au moment du court-circuit une onde de retour sera générée qui voyagera en avant et en arrière pour plusieurs secondes.
Il y aura des distincts dépassements supérieurs (overshoots) et inférieurs (undershoots) correspondant à l'addition et à la soustraction de l'onde de retour avec la précédente tension sur la ligne.

IMPULSION BREVE

– Laisser la ligne ouverte aux deux extrémités. Appliquer une impulsion brève et observer la pendant sa propagation dans la ligne presque sans perte.

– Déplacer la longueur de la ligne à 2 et 8 L pour observer l'évolution du signal à vitesse inférieure. Noter la dispersion de l'impulsion avec le passer du temps et la mise à zéro progressive de la tension de la ligne.

– Utiliser la disposition de l'Exercice No. 4 pour simuler une ligne sans perte court-circuitée. Appliquer une impulsion brève directement sur la ligne (pas à travers la résistance de 10k comme dans l'Exercice No. 4, puisque cela abaisserait trop le niveau de l'impulsion).

– Observer la réflexion à l'extrémité court-circuitée, avec l'inversion de la tension et le début de la propagation vers l'arrière.

5 – MANUEL DE SERVICE

Version du système I/0.1

GENERALITES

L'unité didactique ne nécessite pas d'entretien préventif. En conséquence, les interventions sont nécessaires seulement en cas de panne de fonctionnement. La section suivante "Test fonctionnel" est une liste concise de contrôles à effectuer sur l'appareil pour déterminer et localiser les pannes possibles.

Les réglages et les calibrations comme énumérées dans les sections suivantes ne sont pas nécessaires sauf en cas de remplacement des circuits intégrés.

SECURITE

L'unité didactique est alimentée de la tension secteur haute tension convertie en c.c. par le Module Auxiliaire. Tout intervention nécessitant l'ouverture du boîtier de l'appareil doit donc être effectué par du personnel expérimenté, dans le respect des règles de sécurité habituelles pour les travaux de laboratoires:

- Débrancher le cordon secteur.
- Toujours attendre plusieurs secondes pour que les condensateurs se déchargent complètement avant d'utiliser tout outil à main sur les circuits ou d'effectuer des mesures ohmiques.
- Contrôler s'il y a des dommages dans le cordon secteur et dans le circuit d'alimentation qui puissent influer sur le fonctionnement de l'appareil en sécurité.

TEST FONCTIONNEL

- Vérifier que la tension secteur correspond à l'indication sur l'unité didactique, puis allumer l'appareil.
- Vérifier avec un oscilloscope le fonctionnement du générateur de signaux intégré (sinusoïde de 10Vpp environ, fréquence de 0.1 à 10 cycles/sec).
- Sélectionner la longueur de la ligne "L". Connecter le générateur de signaux de test à l'entrée gauche de la ligne à travers la résistance d'adaptation de 600Ω intégrée. Utiliser le câble enfichable fourni.

Régler la fréquence et l’amplitude du générateur de test pour afficher sur les LEDs un diagramme de sinusoïde avec un lobe unique.

– Vérifier l’éclairage de tous les dispositifs à LED en appliquant des signaux de différentes amplitudes et fréquence.

– Connecter par des cavaliers la résistance de terminaison de 600Ω (intégrée) à l’extrémité droite de la ligne.
  Observer le changement du diagramme lumineux sur le réseau de LEDs: il n’est plus stationnaire mais il se déplace vers la droite.

– Vérifier le fonctionnement de la Commande de l’Atténuation en observant le changement du diagramme lumineux quand cette commande est réglée.

– Remplacer les résistances de 600Ω aux côtés à gauche et à droite de la ligne avec les deux potentiomètres logarithmiques et régler ces derniers à différent réglages pour le but de vérifier leur fonctionnalité.

– Répéter les observations pour la longueur de la ligne “2L” et “8L”.

– Remettre la longueur de la ligne à “L”. Mettre le commutateur de contrôle de l’horloge sur la position HOLD.
  Appuyer brièvement sur le bouton STEP et vérifier que la ligne effectue un cycle complet d’échantillonnage/commutation par chaque pression du bouton.

5.1 – Procédure d'essai et de calibrage

Enlever le couvercle arrière de l'unité didactique (si monté)

- Vérifier que l'édition du circuit correspond au nombre de Version de l'unité didactique (essai en usine seulement)

- Vérifier le correct montage mécanique et la fixation des unités et sous-unités

- Vérifier la connexion du câble pour origine/destination et la correcte position des connecteurs.

ALIMENTATION

- Allumer l'appareil et vérifier les suivantes tensions d'alimentation au connecteur J7 de la carte B4500 B:

  broche 1 – masse
  broche 2 – tension négative non stabilisée -18 V
  broche 3 – tension négative stabilisée -7.5 V
  broche 4 – tension positive non stabilisée +18 V
  broche 5 – tension positive stabilisée +7.5 V
  broche 6 – tension positive non stabilisée VLed +18 V

GENERATEUR DE SIGNAUX DE TEST (CARTE B4500)

- Sonde de l'oscilloscope sur la prise de sortie du Générateur de signaux de test.
  Vérifier que le générateur fonctionne, bien que non stabilisée.

- Réglage de l'offset: régler le niveau de sortie du générateur à 0.
  Régler P2 pour sortie 0V c.c. avec la meilleure précision.

- Fréquence: Poignée F.Adj (P1) à fond dans le sens antihoraire. Vérifier que la fréquence du signal de test est inférieure à 0.125Hz.
  Poignée F.Adj à fond dans le sens horaire. Vérifier la fréquence devient supérieure à 8Hz.
  En alternative aux deux contrôles ci-dessus voir que la fréquence à la broche 8 de U1 (HCF40106) est inférieure à 512 x 0.125 = 64Hz et supérieure à 512 x 8Hz = 4096Hz pour les deux positions extrêmes de P1.

- Amplitude: vérifier que pour le réglage max. de P3 (amplitude) le signal de sortie est 10Vpp.

HORLOGE (CARTE B4500 B)

- Placer le commutateur HOLD/RUN sur “RUN”.
  Vérifier le fonctionnement du circuit d’horloge en surveillant les signaux de sortie “Q” et “SHIFTED Q” respectivement aux broches 7 et 8 du connecteur J5 de la carte B4500B.
  Le deux signaux doivent être affichés sur l’oscilloscope à deux traces et doivent apparaître comme des signaux carrés d’amplitude +/-7.5 V, décalés d’une demi-période entre eux.

- Placer le sélecteur de la longueur de la ligne à “L”. Régler le trimmer P6 de façon à avoir pour le signal Q une période du cycle de 41.6msec.
  Vérifier que pour les positions “2L” et “8L” du sélecteur la période devient 41.6msec et 166.6msec respectivement.
  Vérifier que les mêmes valeurs sont obtenues pour le signal “SHIFTED Q”.

- Déplacer le commutateur HOLD/RUN sur HOLD. Observer Q qui cesse, puis recommence à partir des rafales pour chaque pression du bouton “STEP”.

CARTE PRINCIPALE B4500 A

- Observer le fonctionnement correct de tous les étages de la ligne, en appliquant le signal du générateur de test intégré et en vérifiant l’éclairage régulier des LEDs.

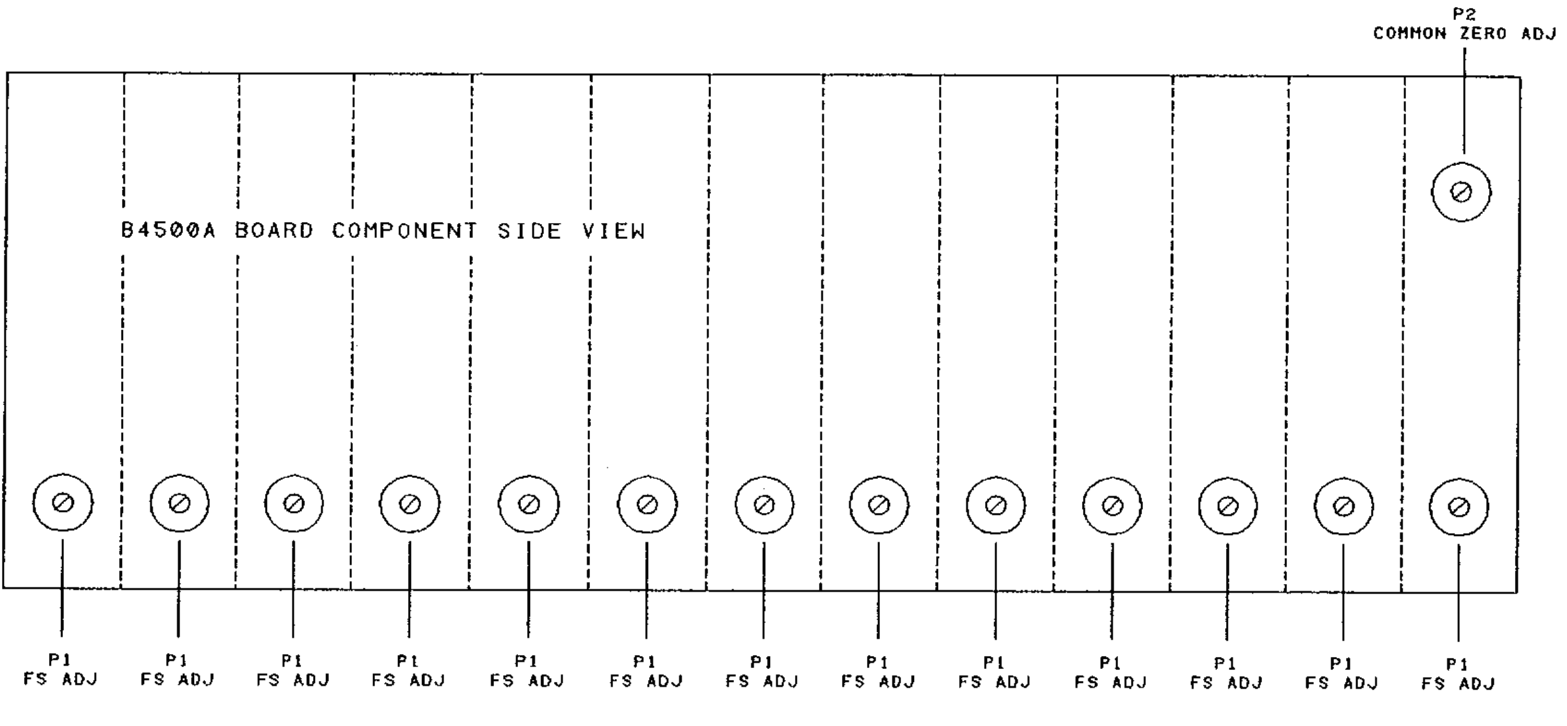
- Vérifier que toutes les lampes sont allumées quand on applique une suffisante amplitude du signal d’entrée.

- REGLAGE DU ZERO COMMUN: mettre à une entrée de la ligne un niveau réglable continu de +/- 2V par un générateur externe.
  Mettre le sélecteur de longueur de la ligne sur “L” et la tension de référence externe à +0.5V.
  Régler P2 de façon que la LED 0.5V de toutes les lignes tende à s’allumer.

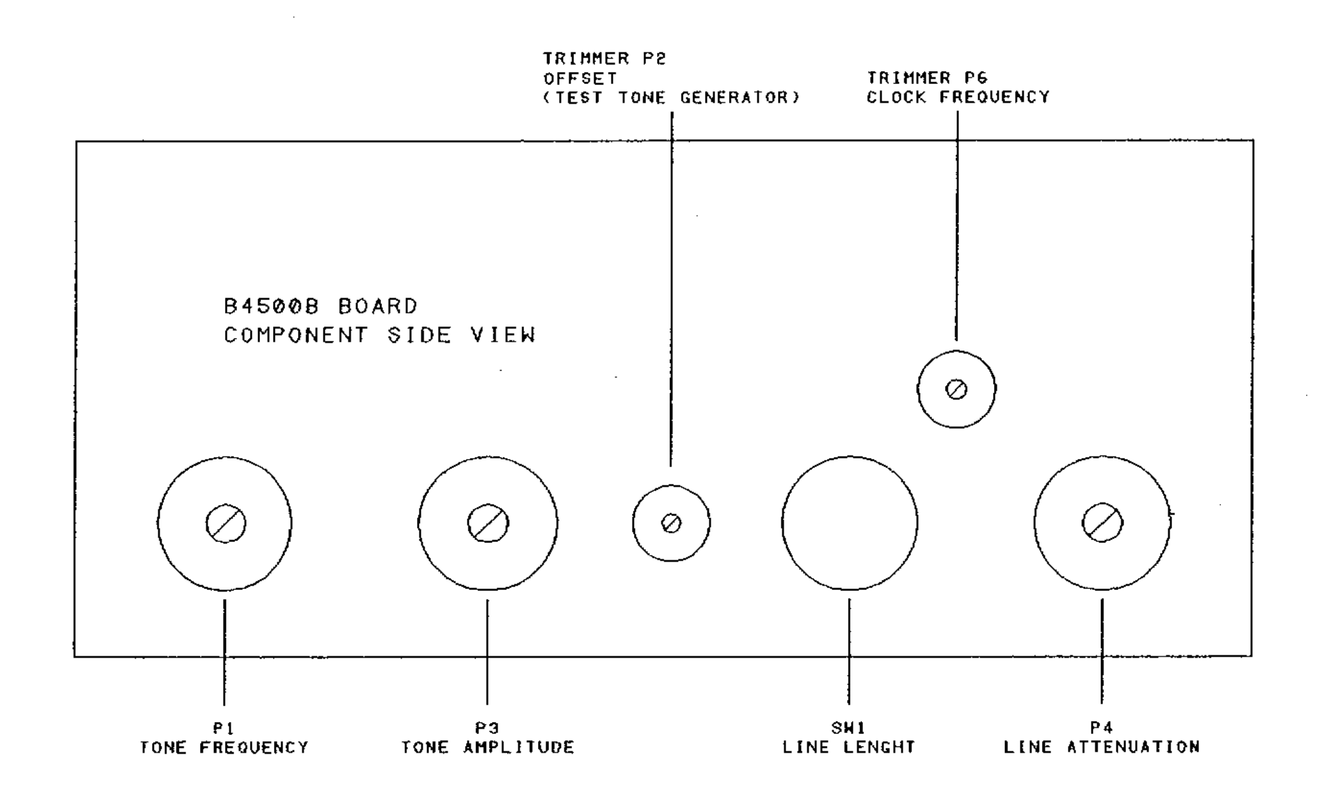
- Lentement déplacer la référence de -1 à +1V et observer que la ligne -1V s’éteint juste au-dessous de -1V, la ligne -0.5V juste au-dessous de ce niveau, toutes les LEDs sont éteintes pour entrée 0V et ainsi de suite.

- REGLAGE PLEINE ECHELLE: chaque étage de la ligne a un trimmer individuel de réglage pleine échelle (P1).
  Appliquer un niveau continu de 4.5V à l’entrée de la ligne. Régler le trimmer P1 de chaque étage en séquence de façon que la dernière LED de chaque colonne seulement juste s’éteint, vérifier qu’en augmentant la tension d’entrée de quelques millivolts la dernière LED s’allume.

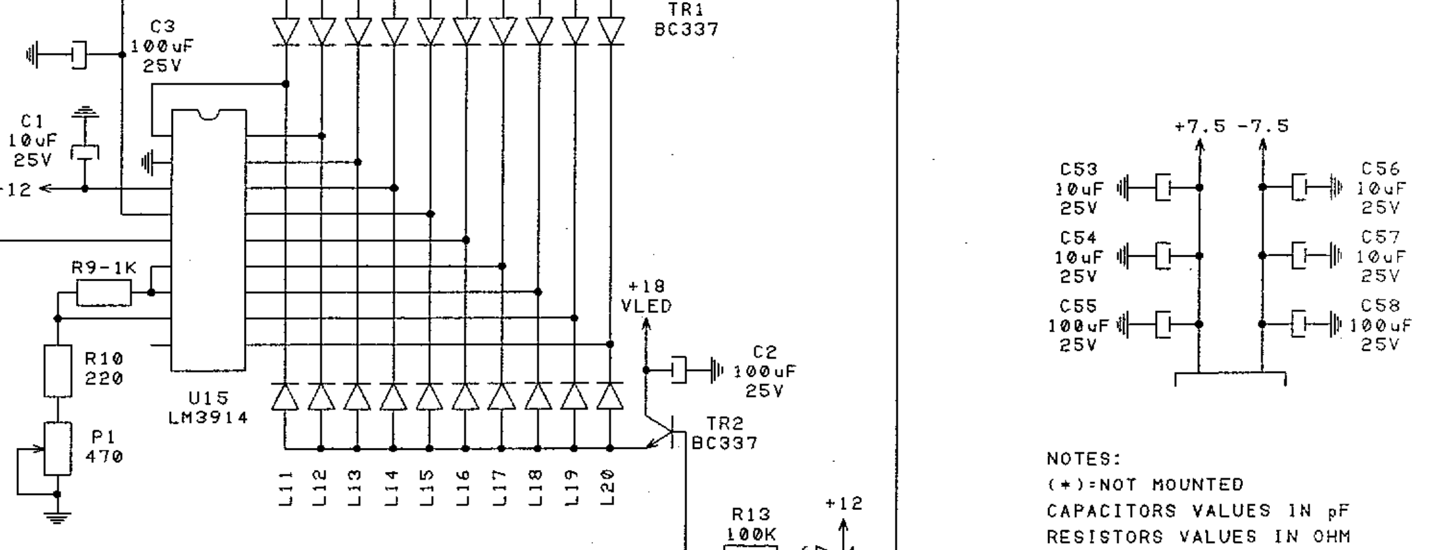
Retoucher enfin en appliquant le signal du générateur de test pour 10Vpp, fréquence minimale à un bout de la ligne, l’autre extrémité ouverte. Sélectionner la longueur de ligne “L”.
Régler à son tour les trimmers P1 tel que requis pour avoir toutes les LEDs de chaque ligne allant on/off au même moment, régulièrement et doucement.



LOCATION OF CALIBRATION POINTS OF MAINBOARD B4500A
4500AF02

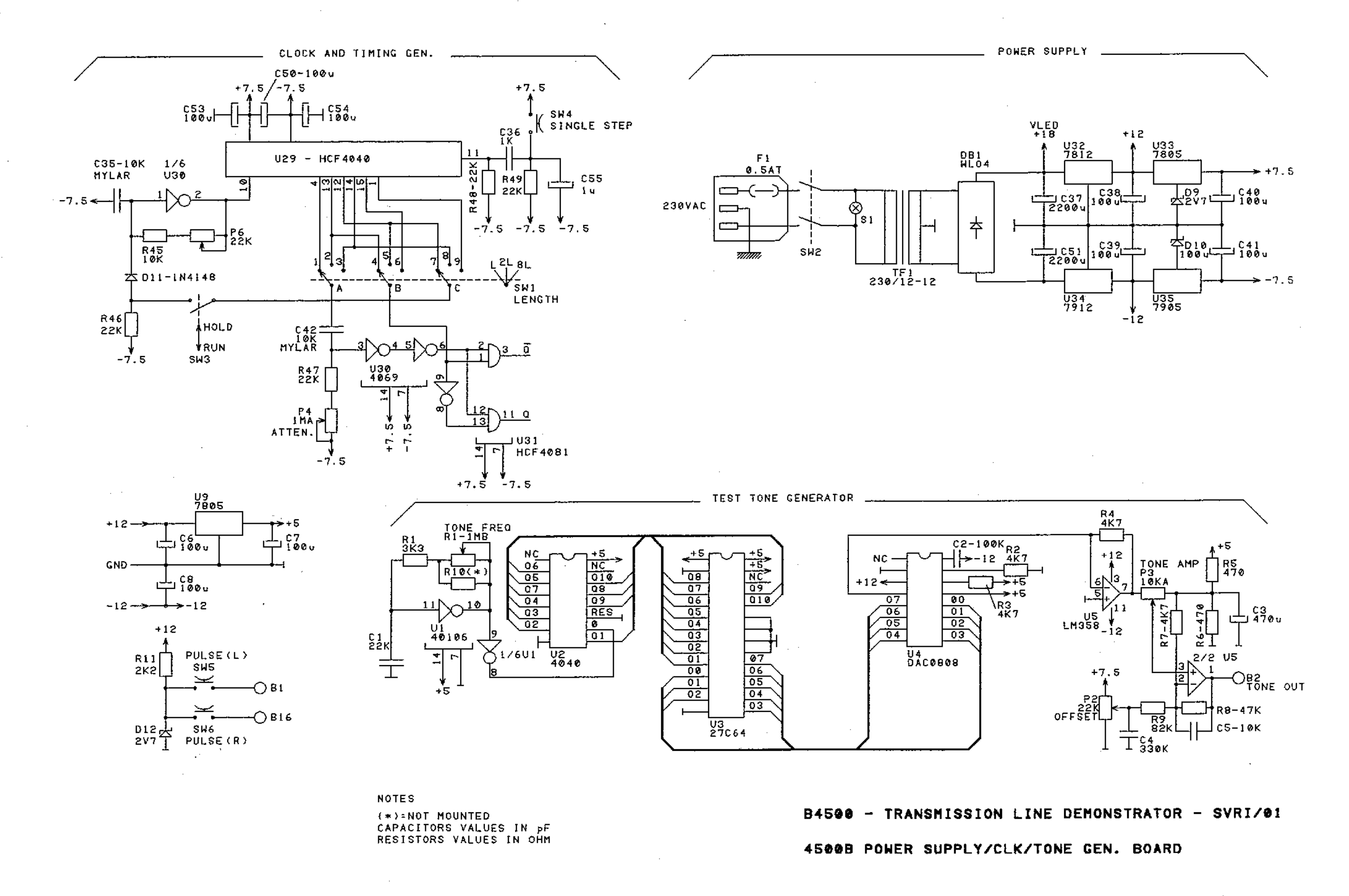


B4500B - POWER SUPPLY/CLOCK/TONE GENERATOR BOARD
4500BF01



B4500 - TRANSMISSION LINE DEMONSTRATOR - SVRI/01

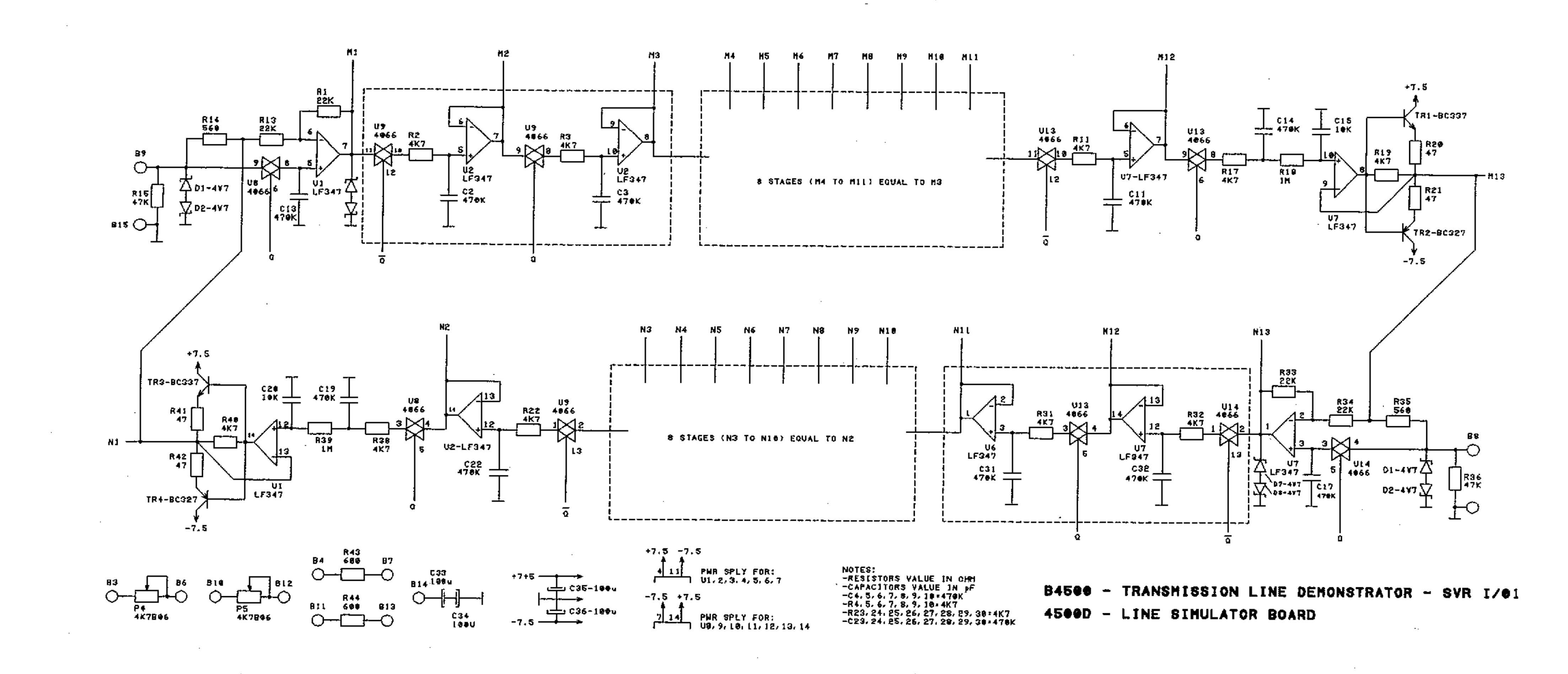
4500A - LED DRIVE CIRCUIT (1 OF 13)



NOTES
(*)=NOT MOUNTED
CAPACITORS VALUES IN pF
RESISTORS VALUES IN OHM

B4500 - TRANSMISSION LINE DEMONSTRATOR - SVRI/01

4500B POWER SUPPLY/CLK/TONE GEN. BOARD



M1
M2
M3
M4
M5
M6
M7
M8
M9
M10
M11
M12
M13
B9
B15
R15 47K
D1-4V7
D2-4V7
R14 560
R13 22K
R1 22K
U8 4066
C13 470K
U1 LF347
U9 4066
R2 4K7
U2 LF347
C2 470K
R3 4K7
C3 470K
8 STAGES (M4 TO M11) EQUAL TO M3
U13 4066
R11 4K7
U7-LF347
C11 470K
R17 4K7
C14 470K
R18 1M
C15 10K
R19 4K7
U7 LF347
+7.5
TR1-BC337
R20 47
R21 47
TR2-BC327
-7.5
N1
N2
N3
N4
N5
N6
N7
N8
N9
N10
N11
N12
N13
TR3-BC337
R41 47
R40 4K7
R42 47
TR4-BC327
C20 10K
C19 470K
R39 1M
R38 4K7
U2-LF347
C22 470K
R22 4K7
8 STAGES (N3 TO N10) EQUAL TO N2
R31 4K7
U6 LF347
C31 470K
R32 4K7
C32 470K
U14 4066
R33 22K
R34 22K
R35 560
D7-4V7
D8-4V7
C17 470K
B8
R36 47K
B3
B6
P4 4K7B06
B10
B12
P5 4K7B06
B4
R43 600
B7
B11
R44 600
B13
B14
C33 100u
C34 100U
+7+5
C35-100u
C36-100u
-7.5
+7.5 -7.5
PWR SPLY FOR: U1,2,3,4,5,6,7
-7.5 +7.5
PWR SPLY FOR: U8,9,10,11,12,13,14
NOTES:
-RESISTORS VALUE IN OHM
-CAPACITORS VALUE IN pF
-C4,5,6,7,8,9,10=470K
-R4,5,6,7,8,9,10=4K7
-R23,24,25,26,27,28,29,30=4K7
-C23,24,25,26,27,28,29,30=470K
B4500 - TRANSMISSION LINE DEMONSTRATOR - SVR I/01
4500D - LINE SIMULATOR BOARD